

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-292287

(43)Date of publication of application : 20.10.2000

(51)Int.Cl.

G01L 9/00  
G01D 21/02  
G01K 11/12

(21)Application number : 11-104181

(71)Applicant : TOKIMEC INC

(22)Date of filing : 12.04.1999

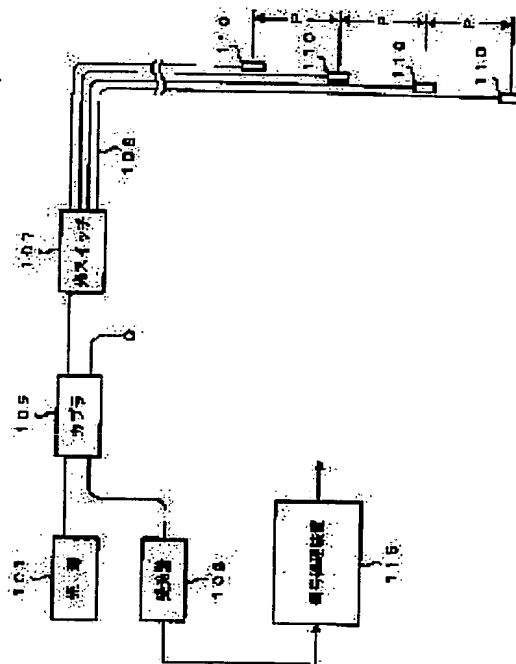
(72)Inventor : MURAKOSHI TAKAO  
NAKAMURA SHIGERU  
FUKATSU KEISUKE

## (54) PRESSURE AND TEMPERATURE MEASURING APPARATUS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an apparatus for measuring the pressure and temperature at a plurality of positions by bundling a plurality of optical fibers to obtain a long flat cable and arranging the sensor parts at the forward end of the optical fibers at a specified pitch.

**SOLUTION:** An optical fiber cable 108 comprises a plurality of optical fibers bundled into a flat cable and respective optical fibers are cut off sequentially, at the forward end thereof, by a specified length  $p$  and then sensor parts 110 are arranged, at a pitch  $p$ , at each cut end part. Light from a light source 101 is passed through a coupler 105 and introduced sequentially to  $N$  optical fibers by means of an optical switch 107. The propagation lights reach the sensor parts 110 at the forward ends and generate an interfering light. The interfering light passes a reverse course and a light receiver 102 converts it into an electric signal. The optical switch 107 outputs the light from the coupler 105 sequentially to respective optical fibers of the optical fiber cable 108 at a specified switching period. Consequently, the light receiver 102 receives the interfering light in synchronism with the switching period and a signal processor 115 processes the pressure and temperature detected at each sensor section synchronously.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-292287  
(P2000-292287A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 L 9/00		G 0 1 L 9/00	B 2 F 0 5 5
G 0 1 D 21/02		G 0 1 D 21/02	2 F 0 5 6
G 0 1 K 11/12		G 0 1 K 11/12	H 2 F 0 7 6

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-104181

(22) 出願日 平成11年4月12日 (1999. 4. 12)

(71) 出願人 000003388

株式会社トキメック

東京都大田区南蒲田 2 丁目16番46号

(72) 発明者 村越 尊雄

東京都大田区南蒲田 2 丁目16番46号 株式  
会社トキメック内

(72) 発明者 中村 茂

東京都大田区南蒲田 2 丁目16番46号 株式  
会社トキメック内

(74) 代理人 100080883

弁理士 松隈 秀盛

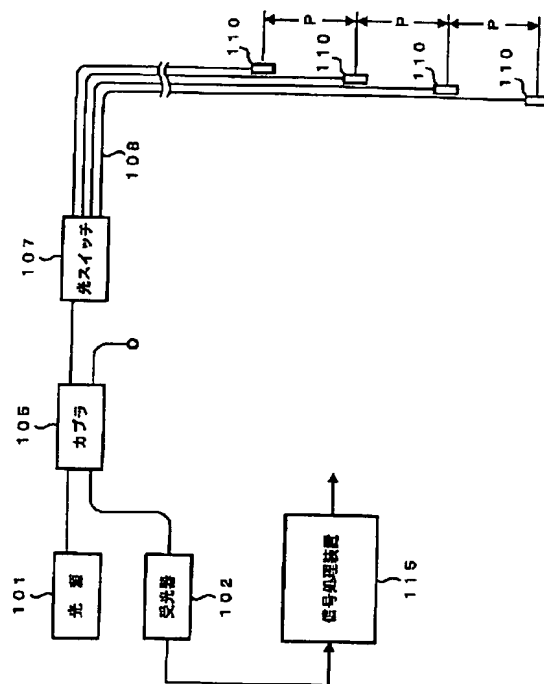
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧力温度測定装置

(57) 【要約】

【課題】 多数の位置の圧力又は温度を同時に測定することができる分布型の圧力温度測定装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 圧力温度測定装置は、光源と、光を切り換えて出力する光スイッチと、該光スイッチからの光を伝搬する複数の光ファイバと、該光ファイバの先端に設けられたセンサ部と、該センサ部からの干渉光を光スイッチを経由して受光する受光器と、該受光器からの信号よりセンサ部の圧力又は温度を演算する演算部、とを有し、光ファイバは複数の光ファイバが带状に束ねられたフラットケーブルとして構成され、センサ部は所定のピッチにて隔置されている。



本発明による分布型圧力温度センサの例

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、カプラと、光を切り換えて出力する光スイッチと、該光スイッチからの光を伝搬する複数の光ファイバと、該光ファイバの先端に設けられたセンサ部と、該センサ部からの干渉光を上記光スイッチ及びカプラを経由して受光する受光器と、該受光器からの信号より上記センサ部の圧力又は温度を演算する演算部、とを有し、上記光ファイバは複数の光ファイバが帯状に束ねられたフラットケーブルとして構成され、上記センサ部は所定のピッチにて隔置されていることを特徴とする圧力温度測定装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の圧力温度測定装置において、上記センサ部は温度センサと圧力センサを交互に含むことを特徴とする圧力温度測定装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の圧力温度測定装置において、上記センサ部は、光ファイバの切断端面に装着されたハーフミラーと上記光ファイバの切断端面を覆う感応部とを有し、該感応部は温度又は圧力に応答して変位するダイヤフラムを有することを特徴とする圧力温度測定装置。

【請求項 4】 請求項 3 記載の圧力温度測定装置において、上記センサ部は、上記感応部を覆うキャップを有することを特徴とする圧力温度測定装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光ファイバを使用した圧力温度測定装置に関し、より詳細には複数の位置の温度及び圧力を同時に測定することができる分布型の圧力温度測定装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 図 4 を参照して従来の光ファイバを使用した分布型の圧力温度測定装置の例を説明する。この圧力温度測定装置は、光源 101 と第 1 のカプラ 125 と第 2 のカプラ 126 の列と第 2 のカプラ 126 の各々に接続された光ファイバ 128 と該光ファイバ 128 の先端に設けられたセンサ部 103 と受光器 122 と信号処理装置 135 とを有する。

【0003】 光源 101 からの光は第 1 のカプラ 125 によって N 個の光に分岐される。N 個の光は、それぞれ、N 個の第 2 のカプラ 126 を経由して N 個の光ファイバ 128 を伝播する。N 個の光ファイバ 128 からの光は N 個のセンサ部 103 に供給され、干渉光が生成される。N 個の干渉光は、それぞれ、第 2 のカプラ 126 を経由して受光器 122 に供給され電気信号に変換される。受光器 122 からの信号は信号処理装置 135 に出され、圧力及び温度が演算される。

【0004】 図 5 を参照してセンサ部 103 の構造及び動作を説明する。センサ部 103 は、光ファイバ 10 の先端の端面に装着されたハーフミラー 13 と筒状のケーシング 40 とケーシング 40 の端面に装着された円形の

ダイヤフラム 42 とダイヤフラムの内面に装着されたミラー 23 とを有する。ケーシング 40 及びダイヤフラム 42 は、光ファイバ 10 の先端を覆うキャップを構成しており、このキャップと光ファイバ 10 の先端面の間に密閉室 45 が形成される。

【0005】 光ファイバ 10 は中心のコア 11 と外側のクラッド 12 からなり、光はコア 11 に閉じ込められた状態で、光軸方向に伝播する。コア 11 を伝播した光の一部 E<sub>1</sub> はハーフミラー 13 を反射し、他の一部 E<sub>2</sub> はハーフミラー 13 を通過してミラー 23 を反射する。

【0006】 ハーフミラー 13 を反射した光 E<sub>1</sub> とミラー 23 を反射した光 E<sub>2</sub> は、光ファイバのコア 11 にて合成され干渉光が生成される。干渉光は、図 1 に示したように、受光器 122 によって検出される。

【0007】 干渉光が生成される直前の、ハーフミラー 13 を反射した光 E<sub>1</sub> とミラー 23 を反射した光 E<sub>2</sub> は、次の式のように表される。

## 【0008】

$$\text{【数 1】 } E_1 = A_1 \exp \{ j(\omega t + \phi_1) \}$$

$$E_2 = A_2 \exp \{ j(\omega t + \phi_2) \}$$

【0009】  $\phi_1$  及び  $\phi_2$  は、それぞれ、干渉光が生成される直前の、光 E<sub>1</sub> 及び E<sub>2</sub> が有する位相差である。干渉光の強度 I は次のように表される。

## 【0010】

$$\text{【数 2】 } I = |E_1 + E_2|^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

【0011】 この式の右辺の第 3 項は光強度の変化  $\Delta I$  を表す。

## 【0012】

$$\text{【数 3】 } \Delta I = 2A_1 \cdot A_2 \cdot \cos(\phi_1 - \phi_2)$$

【0013】 ここで、光 E<sub>1</sub> 及び E<sub>2</sub> の位相差  $\phi_1$  及び  $\phi_2$  を次のように設定する。

## 【0014】

$$\text{【数 4】 } \phi_1 = 0$$

$$\phi_2 = 2(L - W)(2\pi n / \lambda)$$

【0015】 ここに、L はダイヤフラム 42 の撓み量がゼロの時のハーフミラー 13 とミラー 23 の間の距離、W はダイヤフラムの撓み量、n は密閉室 45 の屈折率、 $\lambda$  は光の波長である。この式を数 3 の式に代入すると、次のようになる。

## 【0016】

$$\text{【数 5】 } \Delta I = 2A_1 \cdot A_2 \cdot \cos \{ (4\pi n / \lambda)(L - W) \}$$

【0017】 ここで、距離 L を次の式が成り立つように設定する。

## 【0018】

$$\text{【数 6】 } 4\pi n L / \lambda = (N + 1/2) \pi \quad (N = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

【0019】 これを数 5 の式に代入して変形し、ダイヤフラム 42 の撓み量 W が十分小さいと仮定すると、次の

式が得られる。

【0020】

【数7】

$$\Delta I = \pm 2 A_1 \cdot A_2 \cdot \sin(4\pi nW/\lambda) \\ \approx \pm 2 A_1 \cdot A_2 \cdot (4\pi nW/\lambda)$$

【0021】即ち、干渉光の光強度の変化 $\Delta I$ は、ダイヤフラム42の撓み量 $W$ に比例する。一方、円形のダイヤフラム42の撓み量 $W$ は、材料力学より、次の式によって表される。

【0022】

【数8】

$$W = (Pa^4 / 64Eh^3) \times 12(1 - \nu^2)$$

【0023】 $W$ はダイヤフラムの中央の撓み量、 $P$ はダイヤフラムに加わる圧力、 $a$ はダイヤフラムの半径、 $E$ はヤング率、 $h$ はダイヤフラムの厚さ、 $\nu$ はポアソン比である。この関係より、光強度の変化 $\Delta I$ は、ダイヤフラムに加わる力 $P$ に比例する。従って受光器22の出力より光強度の変化 $\Delta I$ を検出することによってダイヤフラム42に加わる力又は圧力が判る。

【0024】センサ部103を、圧力測定装置としても温度測定装置としても使用することもできる。センサ部103を圧力測定装置として使用する場合、密閉室45を真空排気することによって絶対圧力が得られる。尚、密閉室45を1気圧の不活性ガスによって充填することによってゲージ圧が得られる。

【0025】センサ部103を温度測定装置として使用する場合、密閉室45に適当な不活性ガスを装填する。この不活性ガスが周囲の温度によって熱膨張するとダイヤフラム42は撓む。従って、ダイヤフラムの撓み量を光強度の変化 $\Delta I$ として検出すればよい。

【0026】

【発明が解決しようとする課題】図4及び図5を参照して説明した従来の光ファイバを使用した分布型圧力温度測定装置は、複数のセンサ部103に対応して複数のカブラ125及びカブラ126の列を必要とし、複数の受光器122を使用するため、構造が複雑であり、多数の構成要素を使用する必要があった。

【0027】また、複数のセンサ部はそれぞれ別個の光ファイバに接続されており、センサ部を所定のピッチにて広い範囲に設置するのが困難であった。

【0028】本発明はこのような点に鑑み、構造が簡単で、構成要素がより少ない分布型圧力温度測定装置を提供することを目的とする。

【0029】本発明はこのような点に鑑み、簡単にセンサ部を所定のピッチにて配置することができる分布型圧力温度測定装置を提供することを目的とする。

【0030】

【課題を解決するための手段】本発明の圧力温度測定装置は、光源と、カブラと、光を切り換えて出力する光スイッチと、該光スイッチからの光を伝搬する複数の光フ

アイバと、該光ファイバの先端に設けられたセンサ部と、該センサ部からの干渉光を光スイッチ及びカブラを経由して受光する受光器と、該受光器からの信号よりセンサ部の圧力又は温度を演算する演算部、とを有し、光ファイバは複数の光ファイバが帯状に束ねられたフラットケーブルとして構成され、センサ部は所定のピッチにて隔置されている。

【0031】光スイッチを使用することによって従来の装置に比べて小型な且つコンパクトな圧力温度装置を提供することができる。また、センサ部に接続された光ファイバをフラットケーブルとして構成することによって、センサ部及び光ファイバを狭い位置に配置することができる。

【0032】本発明によると、圧力温度測定装置において、上記センサ部は温度センサと圧力センサを交互に含む。従って、本発明によると、複数の測定地点より温度及び圧力の両者のデータを得ることができる。

【0033】本発明によると、上記センサ部は、光ファイバの切断端面に装着されたハーフミラーと上記光ファイバの切断端面を覆う感応部とを有し、該感応部は温度及び圧力にตอบสนองして変位するダイヤフラムを有する。従って、センサ部を圧力センサとして構成する場合も温度センサとして構成する場合も、共通の構造を有し、製造工程を簡略化することができる。また、上記センサ部は、上記感応部を覆うキャップを有する。それによって感応部はキャップによって保護される。

【0034】

【発明の実施の形態】図1を参照して本発明による光ファイバを使用した分布型の圧力温度測定装置の例について説明する。本例の分布型の圧力温度測定装置は、光源101とカブラ105と光スイッチ107と光ファイバケーブル108と光ファイバの先端部に装着された複数のセンサ部110と受光器102と信号処理装置115とを有する。

【0035】光ファイバケーブル108は、複数の光ファイバを束ねた光ファイバケーブルバンドより構成され、好ましくはフラットケーブル型の光ファイバ束である。センサ部110は所定のピッチ $p$ にて隔置されている。

【0036】センサ部110は、例えば次のような方法によって装着されてよい。光ファイバ束に含まれる複数の光ファイバの先端を順に所定の長さ $p$ づつ切断する。次に、その切断端部に各センサ部110を装着する。センサ部110のピッチは数十メートル又は数百メートルであってよい。

【0037】センサ部110の詳細は後に説明するが、圧力センサ又は温度センサである。センサ部110の全てが圧力センサ又は温度センサのいずれがであってよいが、交互に圧力センサと温度センサを配置してもよい。

【0038】光源101からの光は、カブラ105を経

由して光スイッチ107に導かれ、そこで光ファイバケーブル108に含まれるN個の光ファイバの各々に順に導かれる。各光ファイバを伝播した光は、先端のセンサ部110に導かれ、干渉光が生成される。干渉光は、光スイッチ107及びカブラ105を経由して受光器102に導かれる。受光器102によって光は電気信号に変換され、電気信号は信号処理装置115に供給される。

【0039】光スイッチ107は、所定の切り替え周期にて、カブラ105からの光を、光ファイバケーブル108に含まれる光ファイバの各々に、順に、出力する。従って、受光器102は、光スイッチ107の切り替え周期と同一の周期にて、各センサ部からの干渉光を入力する。信号処理装置115は、光スイッチ107の切り替え周期と同一の周期にて、各センサ部によって検出された圧力又は温度を演算し出力する。

【0040】図2は本例のセンサ部の第1の例の構造を示す。本例のセンサ部は、光ファイバ10の先端面に装着されたハーフミラー13とその上に装着された円盤状の感応部20と感応部20を覆うキャップ30とを有する。こうして光ファイバ10の先端及び感応部20はキャップ30によって保護される。

【0041】感応部20は円盤状のベース部21とこのベース部に設けられた凹部24とを有し、この凹部24の底面がダイヤフラム22を構成している。キャップ30は円盤状の感応部20を覆うような形状に形成されているが、そのベース31の内面に凹部34を有する。この凹部34の底面には孔33が形成されている。

【0042】光ファイバ10の先端面に装着されたハーフミラー13と感応部20の凹部24によって密閉室25が形成される。この密閉室25は、真空であってよいが適当な不活性ガスによって充填されてよい。

【0043】感応部20のダイヤフラム22の外表面とキャップ30の凹部34によって空間35が形成される。この空間35は孔33によって外部に接続された開空間である。

【0044】このセンサ部は圧力センサとして使用される。測定すべき空間にこのセンサ部を配置すると、開空間35の圧力は測定すべき空間の圧力と同一となる。従って、測定すべき空間の圧力がダイヤフラム22に加わり、ダイヤフラム22は撓む。この撓み量を受光器102の出力によって検出し、それを圧力に換算すればよい。

【0045】密閉室25を真空にした場合には、開空間35の圧力を絶対圧力として測定することができるが、密閉室25を1気圧の適当な不活性ガスによって充填した場合には、開空間35の圧力をゲージ圧として測定することができる。尚、このようにゲージ圧を測定する場合には、密閉室25の温度を所定の温度に保持する必要があり、密閉室25の温度がこの所定の温度と異なる場合には、温度補正をする必要がある。

【0046】このセンサ部を温度センサとして使用することもできる。この場合、密閉室25を適当な不活性ガスによって充填する。測定すべき空間にこのセンサ部を配置すると、密閉室25の温度は測定すべき空間の温度と同一となる。従って、密閉室25内の不活性ガスは熱膨張し、ダイヤフラム22は撓む。この撓み量を受光器102の出力より検出し、それを温度に換算すればよい。密閉室25の圧力と開空間35の圧力に差がある場合には、圧力補正をする必要がある。

【0047】図3は本例のセンサ部の第2の例の構造を示す。本例のセンサ部は、図2の例と比較すると、キャップ30の凹部34の底面に孔が設けられていない点が異なる。従って、感応部20のダイヤフラム22の外表面とキャップ30の凹部34によって形成される空間35は密閉空間となる。従って、本例では、ダイヤフラム22の両側に密閉空間25、35が配置されている。

【0048】このセンサ部は温度センサとして使用される。2つの密閉室25、35の一方を真空排気し、他方を適当な不活性ガスによって充填する。例えば、内側の密閉室25を真空排気し、外側の密閉室35を不活性ガスによって充填する。測定すべき空間にこのセンサ部を配置すると、外側の密閉室35の温度は測定すべき空間の温度と同一となる。従って、この密閉室35内の不活性ガスは熱膨張し、ダイヤフラム22は内側に撓む。この撓み量を受光器102の出力より検出し、それを温度に換算すればよい。

【0049】尚、内側の密閉室25を不活性ガスによって充填し、外側の密閉室35を真空排気した場合も同様である。内側の密閉室25内の不活性ガスは熱膨張し、ダイヤフラム22は外側に撓む。この撓み量を受光器102の出力より検出し、それを温度に換算すればよい。

【0050】図2及び図3を参照して説明したセンサ部の製造方法及び材質について説明する。ハーフミラー13及びミラー23はAl、Cr等の金属を蒸着することによって形成されてよい。例えば、ハーフミラー13は厚さが約500Åの蒸着膜によって構成されてよく、ミラー23は厚さが約2000Åの蒸着膜によって構成されてよい。

【0051】感応部20及びキャップ30は石英、ケイ素等の熱膨張率が小さい材料より形成される。感応部20は、好ましくは陽極接合又はレーザ溶接によって光ファイバ10の先端面に接続される。こうして接着剤を使用しないことによって、従来のセンサ部のように接着剤の経年変化又は劣化に起因した誤差が回避される。一方、密閉室25、35に封入される不活性ガスとして、熱伝導率が高いガス、例えば、ヘリウムが使用される。

【0052】上述のように図2に示した本発明のセンサ部の第1の例は、図3に示した第2の例と比べて、孔33を設ける点のみが異なり、それ以外の構成は同一である。従って、本発明のセンサ部の第1の例と第2の例を

製造する場合、構成要素及び製造工程を共通化することができる。

【0053】以上本発明の実施例について詳細に説明してきたが、本発明は上述の実施例に限ることなく本発明の要旨を逸脱することなく他の種々の構成が採り得ることは当業者にとって容易に理解されよう。

【0054】

【発明の効果】本発明によると、狭い場所、人が近づけない場所又は危険な場所でも、複数の位置の圧力及び温度を測定することができる利点がある。

【0055】本発明によると、センサ部は電気を使用しないから、近くに発火し易い物質が存在しても、火災、爆発等の危険性がない利点がある。

【0056】本発明によると、構造が簡単で、構成要素がより少ない分布型圧力温度測定装置を提供することができる利点がある。

【0057】本発明によると、簡単にセンサ部を所定のピッチにて配置することができる分布型圧力温度測定装置を提供することができる利点がある。

【0058】本発明によると、圧力センサと温度センサの製造に関して、共通の構成要素及び共通の製造工程を使用することができるから、製造費を低減することができる利点がある。

【0059】本発明によると、キャップによって光ファイバの先端部及び感応部を保護することができるから、センサ部をどのような過酷な環境下でも使用することが

きる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ファイバを用いた分布型の圧力温度測定装置の例を示す説明図である。

【図2】本発明の分布型の圧力温度測定装置のセンサ部の例を示す図である。

【図3】本発明の分布型の圧力温度測定装置のセンサ部の他の例を示す図である。

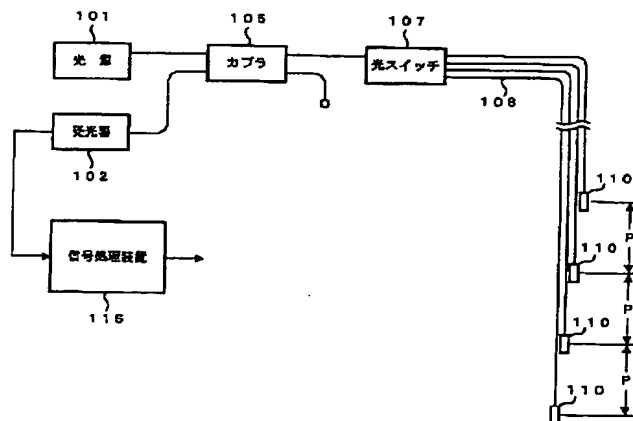
【図4】従来の光ファイバを用いた分布型の圧力温度測定装置の例を示す図である。

【図5】従来の分布型の圧力温度測定装置のセンサ部の例を示す図である。

【符号の説明】

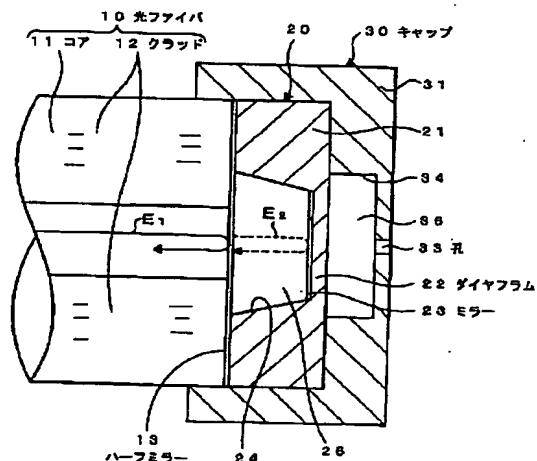
10…光ファイバ、 11…コア、 12…クラッド、 13…ハーフミラー、 20…感応部、 21…ベース、 22…ダイヤフラム、 23…ミラー、 24…凹部、 25…密閉室、 30…キャップ、 31…ベース、 33…孔、 34…凹部、 35…空間、密閉室、 40…ケーシング、 42…ダイヤフラム、 45…密閉室、 101…光源、 102…受光器、 105…カプラ、 107…光スイッチ、 108…光ファイバケーブル、 110…センサ部、 115…信号処理装置、 122…受光器、 125、126…カプラ、 128…光ファイバ、 130…センサ部、 135…信号処理装置

【図1】



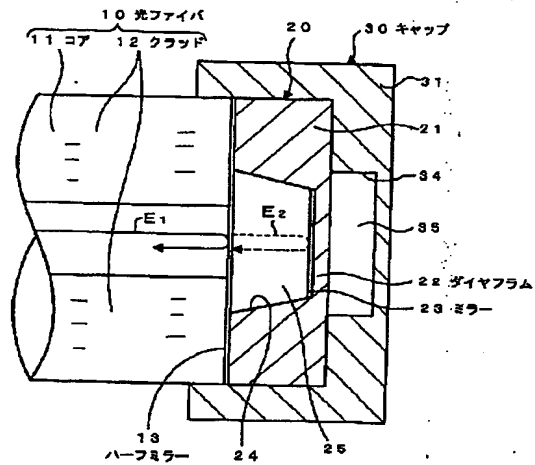
本発明による分布型圧力温度センサの例

【図2】



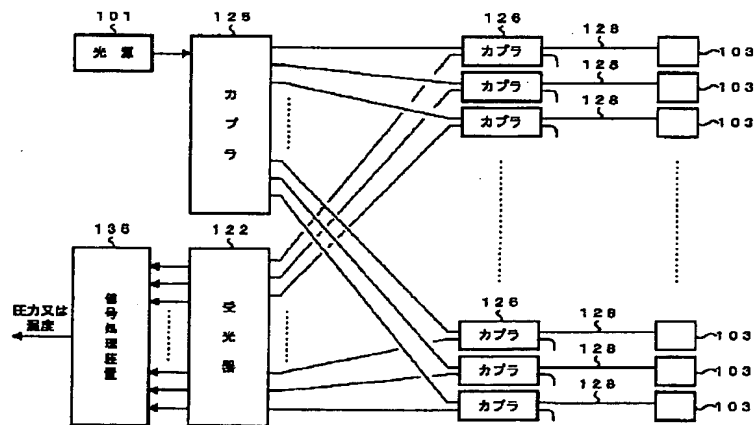
センサ部の第1の例

【図3】



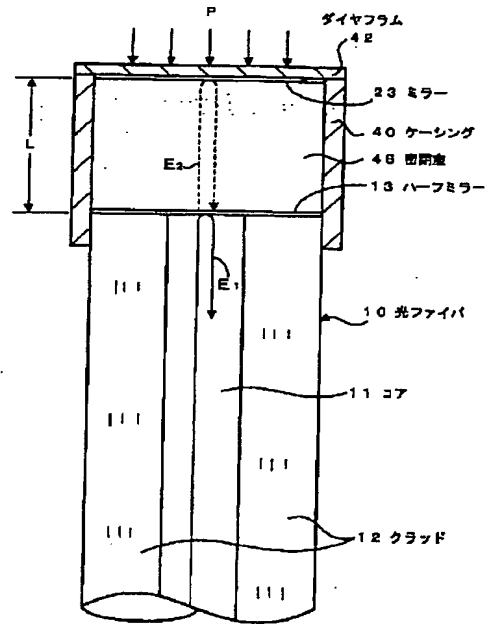
センサ部の第2の例

【図4】



従来の光ファイバを用いた分布型圧力温度センサの例

【図5】



従来の光ファイバセンサ部の例

---

フロントページの続き

(72) 発明者 深津 恵輔  
 東京都大田区南蒲田 2 丁目 16 番 46 号 株式  
 会社トキメック内

F ターム (参考) 2F055 BB01 BB03 CC02 DD19 EE31  
 FF41 FF43 GG49  
 2F056 VF15 VF16 VF20  
 2F076 BA01 BA14 BD06 BD07 BD11  
 BE09